

2011 年度 修士論文要旨

位相変調器を用いたベッセルビームの発生と

ランダム媒質中での光記録

関西学院大学大学院 理工学研究科
物理学専攻 栗田研究室 竹本 啓信

レーザーから出力される一般のレーザービームは、進行方向に垂直な方向にガウス型の電場分布を持つガウスビームと呼ばれる波で表される。レーザー光は「平行光」と言われるが、ガウスビームは進行するとともに回折によって広がるので、一定の太さを持つ棒のようなビームではない。しかし、進行しても電場分布の変わらない「金太郎飴」のようなビームも存在する。その一つがベッセルビームであり、円柱座標で波動方程式を解くと

$E(r, z, t) \propto J_0(k_{\perp} r) e^{i(k_z z - \omega t)}$ という解で表される。ただし $k_z = k \cos \phi$, $k_{\perp} = k \sin \phi$ である。フーリエ変換を用いると、任意の単色光はさまざまな方向に進む平面波の重ね合わせで表されるが、ベッセルビームは、図 1 に示されるように進行方向に対して一定の角 ϕ 傾いた平面波で表されるので、進行しても平面波どうしの位相関係は変わらず、電場分布は不変となる。ベッセルビームは、空間光位相変調器を用いて、平面波に図 2 に示すような位相変化を与え、内側に回折させることで生成できる。ただし、図 2 の白～黒は、 $0 \sim 2\pi$ の位相変化に対応する。元の平面波の径が有限であるため、図 1 示す回折された平面波が重なっている部分のみ、ベッセルビームとしての性質を示す。

ランダム媒質中に光反応物質を混ぜ込んだ系で起きる光記録効果は、媒質中で多重散乱された光が干渉を起こして媒質内部に不規則な明暗模様(スペックルパターン)を作ることを利用しており、スペックルパターンを光反応物質によって記録する。記録された情報は、読み出し光のスペックルパターンと、記録光のスペックルパターンが一致しているときにのみ蛍光強度の減少(ホール)が起こる現象によって識別ができる。スペックルパターンは照射光の状態によって変化するので、この光記録効果で照射光の波長、入射角度、偏光状態を記録できることが今までに研究されている。本実験ではベッセルビームで光記録を行った。ベッセルビームは、中心に、幅が ϕ に反比例する細いピークを持つので、この強いピークを用いて光記録を行い、ホールを、入射する光の角度と位置の視点から観測し、 ϕ とホール幅の関係を調べた。ガウスビームでは、ビーム径を細くした場合、入射位置で観察できるホール幅は狭くなり、入射角でホール幅を観察するとホールが広がっていた。しかしベッセルビームで、 ϕ を大きくし、ビームの中心径を狭くして光記録を行うと、入射位置と入射角で見られるホール幅を狭くできることがわかった。このことからより記録密度の高い光記録効果が期待できる。

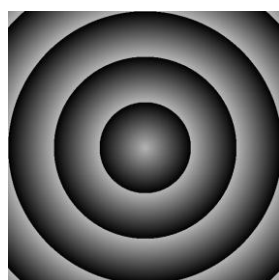


図 2

$\phi = 0.00148$ のベッセルビームを作る位相変調画像

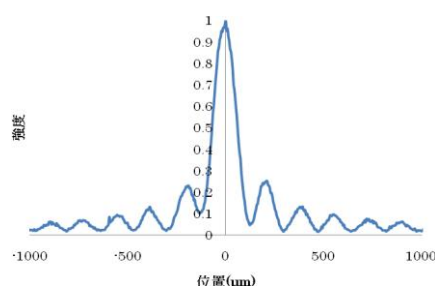


図 3

図 2 の画像を用いて生成したベッセルビームの強度分布(中心に強いピークを持っている。)

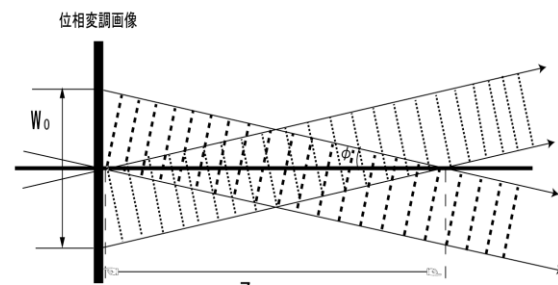
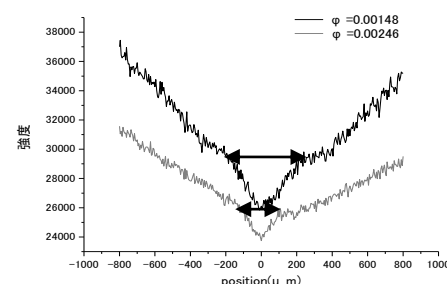
図 1 ϕ だけ傾けられた平面波の様子

図 4

異なる ϕ のベッセルビームでのホール幅の違い(入射光の位置を掃引した場合)